

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-253845

(43)Date of publication of application : 25.09.1998

(51)Int.Cl. G02B 6/13
G02B 6/12

(21)Application number : 09-059437

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH
CORP <NTT>

(22)Date of filing : 13.03.1997

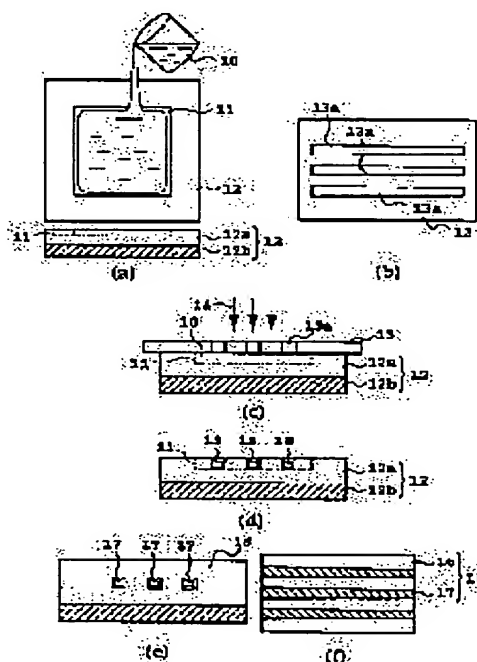
(72)Inventor : TOMARU AKIRA
IMAMURA SABURO
KURIHARA TAKASHI
HIKITA MAKOTO

(54) FORMING METHOD OF HIGH POLYMER LIGHT WAVEGUIDE PATTERN FOR APERTURE CONVERTING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To easily improve mass productivity, and facilitate connection with a light part by forming a pattern latent image by irradiating the light by forming a photosensitive substance in a layer shape in a part where a light waveguide is formed, forming a light waveguide pattern by removing a light unirradiated part by a solvent, and selecting this photosensitive substance from a group composed of a photosensitive oligomer and a photosensitive film.

SOLUTION: A process (a) of forming a photosensitive substance in a layer shape in a part where a light waveguide is formed, a process (c) of forming a pattern latent image by irradiating the light to a prescribed part of the photosensitive substance and a process of removing the other part of a light unirradiated photosensitive substance by a solvent, are provided. A light waveguide pattern is formed by using a pattern latent image unformed part as a core part of the light waveguide. This photosensitive substance is selected from a group composed of a photosensitive oligomer and a photosensitive film. That is, a film is hardened by light irradiation, and is developed by a proper solvent, and the waveguide pattern having a sharp and smooth wall surface can be formed.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 0 - 2 5 3 8 4 5

(43) 公開日 平成 1 0 年 (1 9 9 8) 9 月 2 5 日

(51) Int. Cl.⁶

G02B 6/13

6/12

識別記号

庁内整理番号

F I

G02B 6/12

M

N

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 1 0 O L (全 1 2 頁)

(21) 出願番号 特願平 9 - 5 9 4 3 7

(22) 出願日 平成 9 年 (1 9 9 7) 3 月 1 3 日

(71) 出願人 0 0 0 0 0 4 2 2 6

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目 1 9 番 2 号

(72) 発明者 都丸 暁

東京都新宿区西新宿三丁目 1 9 番 2 号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 今村 三郎

東京都新宿区西新宿三丁目 1 9 番 2 号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 栗原 隆

東京都新宿区西新宿三丁目 1 9 番 2 号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 谷 義一 (外 1 名)

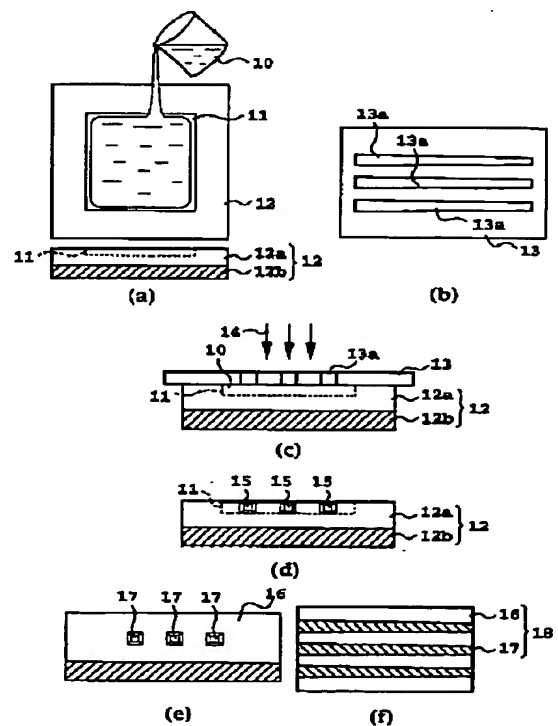
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 口径変換用高分子光導波路パターン形成方法

(57) 【要約】

【課題】 光部品との接続を容易に行うことを可能とする口径変換用高分子光導波路パターン形成方法を提供する。

【解決手段】 口径変換用高分子光導波路パターン形成方法は、光導波路を形成すべき部分に感光性物質を層状に形成する工程と、該感光性物質の所定部分に対してマスクを介して、あるいは直接に光照射を行ってパターン潜像を形成する工程と、光照射がなされなかった感光性物質の他の部分を溶媒によって除去する工程とを有し、さらにパターン潜像が形成された所定の部分を光導波路のコア部分とする光導波路パターンを形成する方法であって、感光性物質は、感光性オリゴマーおよび感光性フィルムからなる群から選択されることを特徴とする。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光導波路を形成すべき部分に感光性物質を層状に形成する工程と、該感光性物質の所定部分に対してマスクを介して、あるいは直接に光照射を行ってパターン潜像を形成する工程と、前記光照射がなされなかった前記感光性物質の他の部分を溶媒によって除去する工程とを有し、さらに前記パターン潜像が形成された前記所定の部分を光導波路のコア部分とする光導波路パターンを形成する方法であって、

前記感光性物質は、感光性オリゴマーおよび感光性フィルムからなる群から選択されることを特徴とする口径変換用高分子光導波路パターン形成方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の方法であって、前記光導波路を形成すべき部分に予め液貯めプールを形成し、該液貯めプールに液状となった前記感光性物質を満たす工程と、該液貯めプールの両側に溝部を形成し、かつ該溝部に光ファイバを設け、かつ前記感光性物質と前記溝部に配置された前記光ファイバとの位置合わせを行う工程とをさらに有し、前記コア部分と前記光ファイバとが光接続することを特徴とする口径変換用高分子光導波路パターン形成方法。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の方法であって、前記光導波路を形成すべき部分に予め液貯めプールを形成し、該液貯めプールに液状となった前記感光性物質を満たす工程と、該液貯めプールの両側に溝部を形成し、かつ該溝部に微小光学素子を設け、かつ前記感光性物質と前記溝部に配置された前記微小光学素子との位置合わせを行う工程とをさらに有し、前記コア部分と前記微小光学素子とが光接続することを特徴とする口径変換用高分子光導波路パターン形成方法。

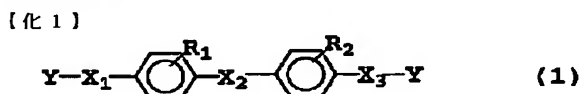
【請求項 4】 請求項 3 に記載する方法であって、前記微小光学素子は、レーザーダイオード (LD)、発光ダイオード (LED)、および受光ダイオード (PD) からなる群から選択されることを特徴とする口径変換用高分子光導波路パターン形成方法。

【請求項 5】 請求項 1 ないし 4 のいずれか一項に記載の方法であって、

前記感光性物質は、感光性オリゴマーと光重合開始剤とからなることを特徴とする口径変換用高分子光導波路パターン形成方法。

【請求項 6】 請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載の方法であって、

前記感光性オリゴマーは、一般式 (1)



(式中、 R_1 、 R_2 はそれぞれ独立に水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基またはトリフルオロメチル基を示し、 X_1 、 X_2 、 X_3 はアルキル基、アル

キルエーテル基、芳香環を含んでおり、かつ少なくとも一個の OH 基を含む連結基を表わし、Y は

【化 2】



または

【化 3】

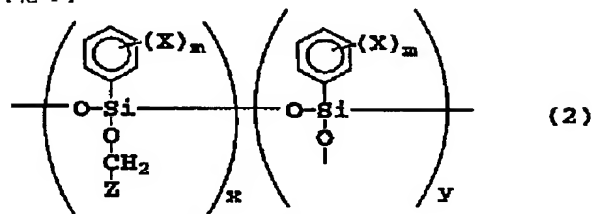


の重合活性基を示す。) で表されるエポキシ系オリゴマーであることを特徴とする口径変換用高分子光導波路パターン形成方法。

【請求項 7】 請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載の方法であって、

前記感光性オリゴマーは、一般式 (2)

【化 4】

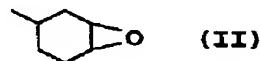


(式中、X は水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基を表し、m は 1 ~ 4 の整数を表す。Z は下記式 (I) または (II) に示されるエポキシ基、

【化 5】



【化 6】

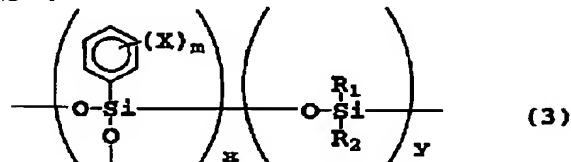


x、y は各ユニットの存在割合を示し、y は x よりも小さく 0 であってもよい) で表される液状シリコンエポキシオリゴマーであることを特徴とする口径変換用高分子光導波路パターン形成方法。

【請求項 8】 請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載の方法であって、

前記感光性オリゴマーは、一般式 (3)

【化 7】



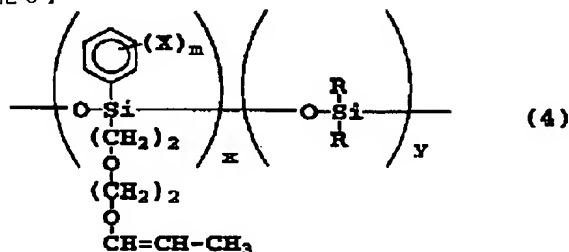
(式中、X は水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基を表し、m は 1 ~ 4 の整数を表す。x、y は各ユニットの存在割合を示し、x、y とも 0 であることはない。R₁、R₂ は、メチル基、エチル基、イソプロピル基を表し、R₁ と R₂ が相等しくてよい) で表される液状シリコンオリゴマーであるこ

とを特徴とする口径変換用高分子光導波路パターン形成方法。

【請求項 9】 請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載の方法であって、

前記感光性オリゴマーは、一般式(4)

【化8】

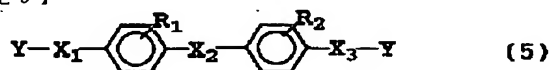


(式中、Xは水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコシキ基を表し、mは1～4の整数を表す。x、yは各ユニットの存在割合を示し、x、yともに0であることはない。Rは、メチル基、エチル基、イソプロピル基を表す)で表される液状シリコーンビニルエーテルオリゴマーであることを特徴とする口径変換用高分子光導波路パターン形成方法。

【請求項 10】 請求項 1 ないし 5 のいずれか一項に記載の方法であって、

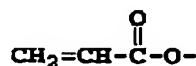
前記感光性オリゴマーは、一般式(5)

【化 9】



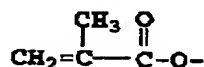
(式中、 R_1 、 R_2 はそれぞれ独立に水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基またはトリフルオロメチル基を示し、 X_1 、 X_2 、 X_3 はアルキル基、アルキルエーテル基、芳香環を含んでおり連結基を表わし、 Y は

【化 10】



または

【化 1 1】



の重合活性基を示す。)で表されるアクリル系オリゴマーであることを特徴とする口径変換用高分子光導波路パターン形成方法。

【発明の詳細な説明】

[0 0 0 1]

【発明の属する技術分野】本発明は、一般光学分野、微小光学分野、光通信分野、および光情報分野等で用いられる種々の光導波路、光集積回路、光配線板等に利用可能で、かつ高分子材料を用いた光導波路の製造方法に関するものであり、特に量産性に優れ、かつ光部品との接

続が容易に行われる口径変換用高分子光導波路パターン形成方法に関する。

[0 0 0 2]

【従来の技術】従来から、高分子材料はスピンコート法やディップ法等による薄膜形成が容易であり、かつ大面積の光導波路を作製するのに適していることが知られている。また、このような高分子材料を用いた光導波路の製造方法は、成膜に際して高温での熱処理工程を含まないことから、石英等の無機ガラス材料を用いる場合に比べて、半導体基板やプラスチック基板等、高温での熱処理が困難な基板上に光導波路を作製できるという利点がある。さらに、高分子の持つ特性、例えば柔軟性や強靱性を活かしたフレキシブルな光導波路の作製も可能である。こうしたことから、光通信の分野で用いられる光集積回路や、光情報処理の分野で用いられる光配線板等の光導波路部品を、高分子光学材料を用いて大量・安価に製造することが期待されている。

【 0 0 0 3 】 従来、高分子光学材料は、耐熱性または耐湿性といった耐環境性の点で問題があるとされてきた。しかし、近年、ベンゼン環などの芳香族基を含ませることによって、あるいは無機高分子を用いることによって耐熱性を向上させた材料が報告されている（例えば、特開平 3 - 4 3 4 2 3 号公報）。また、高分子材料は上記のように薄膜形成や熱処理工程などに特徴をもっており、耐熱性や耐湿性といった問題点も改善されつつある。

【 0 0 0 4 】 既知の高分子導波路作製方法としては、以下のような方法が知られている。すなわち、高分子の中にモノマーを含ませ、光照射によりモノマーと反応させ非照射部分との屈折率差を作るフォトリソグラフィあるいは選択光重合法（黒川ら、アブライドオブティックス17巻646ページ、1978年）、リソグラフィやエッチングなど半導体加工に用いる方法の適用（今村ら、エレクトロニクスレター、27巻1342ページ、1991年）、および感光性高分子あるいはレジストを用いた方法（トレウエラら、SPIE1177巻397ページ、1989年）等である。これらの方法のなかで、もっとも簡易性が高く、量産性にも優れている方法はトレウエラの方法（感光性高分子またはレジストを用いる方法）である。

[0 0 0 5]

【発明が解決しようとする課題】しかし、上記従来の方法では、感光性材料として高分子からなる材料を用いているため、特に厚膜におけるバタン信頼性が低いという解決すべき課題や、また透明性に対して配慮されていないため導波路損失も高いという解決すべき課題を有していた。したがって、当該材料を用いて作製された光部品等は、実用性において不十分な面を有している。また耐熱性を上げるためベンゼン環などの芳香族基を含む材料は複屈折が大きいという別の解決すべき課題も有している。すなわち、そのような材料を用いて高分子薄膜を形

成した場合、薄膜内で分子鎖特にベンゼン環などの芳香族基が配光して光学的異方性を発現する。このため、当該材料を用いて作製された光導波路等は偏波依存性を有しており、入射光の強度が一定であったとしても偏波面の変動によりその出力特性が変動してしまうために、特にシングルモード系の導波路として実際に用いる場合に問題となる。このような偏波依存性を解消するためには、偏光子等と組み合わせて用いることが必要となり、その結果光デバイスの構成がかなり複雑なものとなるので、実用上好ましくない。

【0006】また光デバイスを実用に供する上で、その経済性が重要となるけれども、一般に光導波路と、光ファイバ、発光素子、あるいは受光素子とを接続することがコストの主要因になっている。なぜなら、これまでの接続は相互に大きく異なるモードフィールドの形状寸法を整合させるためにレンズ系を接続部品間に挿入し、それぞれの光軸が一致するようにこれらを微動調心し、固定する必要がある。しかしこの場合、レンズ系が必要で組立作業が煩雑であり、材料費・加工費とも高価となる。また導波路加工によりモードフィールドの形状寸法を合わせようとの試みもなされているが、横方向の制御は可能でも厚さ方向の制御が非常に困難であった。

【0007】しかし、本発明はこのような現状に鑑みてなされたものであり、その目的は、上記課題を解決し、簡易なパターン形成能とまた耐熱性および耐湿性に優れ、複屈折が小さく、加工性に優れた感光性オリゴマー、感光性フィルム、液状感光性オリゴマーを用いることを特徴とする簡易で量産性に優れた光部品との接続が容易に行われる口径変換用高分子光導波路パターン形成方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明にもとづく口径変換用高分子光導波路パターン形成方法は、光導波路を形成すべき部分に感光性物質を層状に形成する工程と、該感光性物質の所定部分に対してマスクを介して、あるいは直接に光照射を行ってパターン潜像を形成する工程と、前記光照射がなされなかった前記感光性物質の他の部分を溶媒によって除去する工程とを有し、さらに前記パターン潜像が形成された前記所定の部分を光導波路のコア部分とする光導波路パターンを形成する方法であって、前記感光性物質は、感光性オリゴマーおよび感光性フィルムからなる群から選択されることを特徴とする。

【0009】また、上記口径変換用高分子光導波路パターン形成方法は、さらに、前記光導波路を形成すべき部分に予め液貯めプールを形成し、該液貯めプールに液状となった前記感光性物質を満たす工程と、該液貯めプールの両側に溝部を形成し、かつ該溝部に光ファイバを設け、かつ前記感光性物質と前記溝部に配置された前記光ファイバとの位置合わせを行う工程とを有するものであ

ってもよく、この際、前記コア部分と前記光ファイバとが光接続する。

【0010】また、別の実施形態として、上記口径変換用高分子光導波路パターン形成方法は、さらに、前記光導波路を形成すべき部分に予め液貯めプールを形成し、該液貯めプールに液状となった前記感光性物質を満たす工程と、該液貯めプールの両側に溝部を形成し、かつ該溝部に微小光学素子を設け、かつ前記感光性物質と前記溝部に配置された前記微小光学素子との位置合わせを行う工程とを有するものであってもよく、この際、前記コア部分と前記微小光学素子とが光接続する。好ましくは、微小光学素子は、レーザーダイオード(LD)、発光ダイオード(LED)、および受光ダイオード(PD)からなる群から選択される。

【0011】好ましくは、前記感光性物質は、感光性オリゴマーと光重合開始剤とからなる。

【0012】さらに、好ましくは、前記感光性オリゴマーは、以下の化合物のいずれかであってもよい。すなわち、一般式(1)

【0013】

【化12】



【0014】(式中、 R_1 、 R_2 はそれぞれ独立に水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基またはトリフルオロメチル基を示し、 X_1 、 X_2 、 X_3 はアルキル基、アルキルエーテル基、芳香環を含んでおり、かつ少なくとも一個のOH基を含む連結基を表わし、 Y は

【0015】

【化13】



【0016】または

【0017】

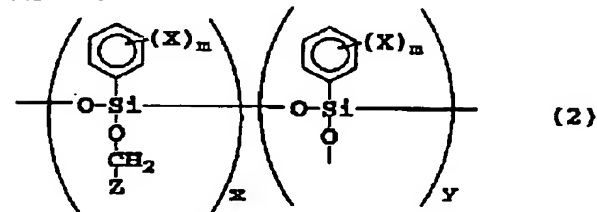
【化14】



【0018】の重合活性基を示す。)で表されるエポキシ系オリゴマー；一般式(2)

【0019】

【化15】



【0020】(式中、 X は水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基を表し、 m は1~4の整数を表す。 Z は下配式(I)または(II)に示さ

れるエポキシ基、

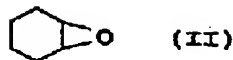
【0021】

【化16】



【0022】

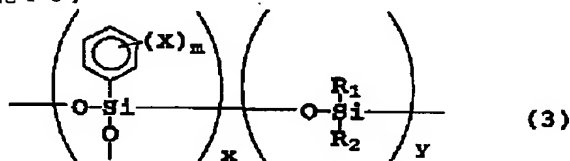
【化17】



【0023】 x, y は各ユニットの存在割合を示し、y は x よりも小さく 0 であってもよい) で表される液状シリコーンエポキシオリゴマー；一般式 (3)

【0024】

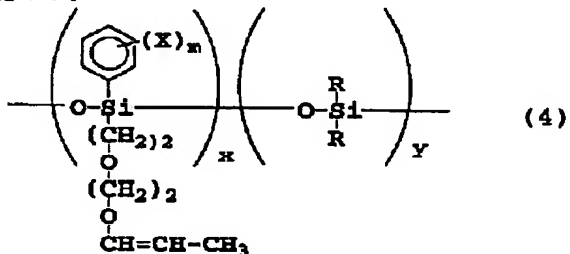
【化18】



【0025】 (式中、X は水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基を表し、m は 1 ~ 4 の整数を表す。x, y は各ユニットの存在割合を示し、x, y とともに 0 であることはない。R₁, R₂ は、メチル基、エチル基、イソプロピル基を表し、R₁ と R₂ が相等しくてよい) で表される液状シリコーンオリゴマー；一般式 (4)

【0026】

【化19】



【0027】 (式中、X は水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基を表し、m は 1 ~ 4 の整数を表す。x, y は各ユニットの存在割合を示し、x, y とともに 0 であることはない。R は、メチル基、エチル基、イソプロピル基を表す) で表される液状シリコーンビニルエーテルオリゴマー；あるいは、一般式 (5)

【0028】

【化20】



【0029】 (式中、R₁, R₂ はそれぞれ独立に水素

原子、ハロゲン原子、アルキル基、アルコキシ基またはトリフルオロメチル基を示し、X₁, X₂, X₃ はアルキル基、アルキルエーテル基、芳香環を含んでおり連結基を表わし、Y は

【0030】

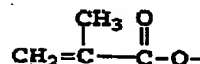
【化21】



【0031】 または

【0032】

【化22】



【0033】 の重合活性基を示す。) で表されるアクリル系オリゴマーである。

【0034】 本発明者らは、これらの感光性材料が、簡易なパターン形成能を持ち、また耐熱性および耐湿性に優れ、複屈折が小さく、光部品との接続が容易に行われる口径変換用高分子光導波路パターンを形成できることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0035】 すなわち、本発明では、LSI加工等で用いられているネガ型レジストと同様に光照射により膜を硬化し適当な溶媒で現像することにより急峻で滑らかな壁面を持つ導波路パターンを形成できた。さらに照射量あるいは深さを制御した液貯めプールを形成することにより厚さ方向の制御が可能となった。また従来の高分子が厚膜形成・導波路加工が非常に困難であるのに対し、厚膜で容易に導波路加工が可能であり、また従来の芳香族含有高分子光学材料が薄膜を形成する際に分子鎖が配光するために大きな複屈折を有していたのに対して、複屈折を 1×10^{-3} 以下に低減し、当該材料を用いて作製した光導波路の偏波依存性を許容値以下に低減することを可能にした。該光学材料は、重合度の調整により、薄膜の形成肯定に対応した適当な粘性を得ることができる。

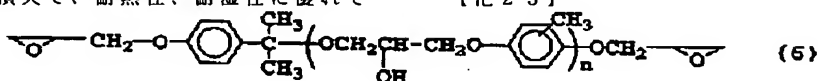
【0036】 以下、本発明の内容をさらに詳細に説明する。

【0037】 本発明のエポキシ系オリゴマー材料の高分子化は、一般式で表される成分中に含まれる反応基間の光による反応によって重合することで行われる。反応を効率よく十分に起こさせるためには光重合開始剤を添加することが望ましい。光重合開始剤としては一般に光重合開始剤として用いられているものであればよく、ジフェニルトリケトンベンゾイン、ベンゾインメチルエーテル、ベンゾフェノン、アセトフェノン、ジアセチル等のカルボニル化合物や過酸化ベンゾイルなどの過酸化物質、アゾビスイソブチロニトリルなどのアゾ化合物が代表的なものとして挙げられる。

【0038】 また本発明のシリコーン系オリゴマー材料の高分子化は感光剤とオリゴマーの反応による。感光剤

としてはアジドピレンなどのアジド化合物、4, 4'-ジアジドベンザルアセトン、2, 6-ジ- (4'-アジドベンザル) シクロヘキサノ、2, 6-ジ- (4'-アジドベンザル) -4-メチルシクロヘキサノンなどのビスアジド化合物、ジアゾ化合物が代表的なものである。

【0039】本発明に従って、前記した感光性フィルム、感光性オリゴマー材料を用いて光導波路を作製する場合、その工程は以下のように行うことができる。すなわち、感光性フィルム、オリゴマーを基板あるいはクラッド上に塗布あるいは液貯めに入れ、位置合わせしてマスクを通してあるいは直接光照射し、照射していない部分を溶媒で溶解除去することにより導波路パターンを形成する。こうして作製された光導波路は、耐溶剤性に優れ、また用いた材料の複屈折が小さいために偏波依存性が小さく、かつ低導波損失で、耐熱性、耐湿性に優れて



【0044】(式中nは1、2または3) つぎに、図1(a)に示すように、深さ63μm×幅50mm×長さ50mmの液貯め11を有する厚さ100μmのエポキシ樹脂12aが基板12b上に形成されたプラットフォーム12を用意した。このエポキシ樹脂12aの屈折率は波長0.85μmで1.52であった。つづいて、プラットフォーム12の液貯め11に上記溶液10を注入した。

【0045】溶液10の注入後、図1(b)に示すように、リッジに対応するパターンからなる複数の光導波路パターン13aを有するマスク13を介して紫外線(UV光)14をプラットフォーム12上に照射した(図1(c))。この際マスク13に形成された各光導波路パターン13aの幅は長手方向に沿った一端部が52μmであり、他端部が60μmとなっている。したがって、各光導波路パターン13aの幅は長手方向に沿って連続的に変化している。上記UV光14の照射量も各光導波路パターン13aの幅の変化に応じて、上記一端部に対する1700mJ/cm²から上記他端部に対する2000mJ/cm²まで連続的に変化させた。

【0046】UV光の照射後、試料をイソプロパノール溶液を用いて現像した。その結果、マスク13の光導波路パターン13aに従い、光照射部のみ液状のエポキシオリゴマーが硬化し、図1(d)に示すような形状のリッジ・パターン15が作製できた。硬化後の屈折率は波長0.85μmで1.535であった。その後、このリッジ・パターン15上に光硬化時の屈折率が波長0.85μmで1.52になるように調整されたエポキシ樹脂をさらに塗布して硬化させ、光導波路を作製した。

【0047】このような操作によって、屈折率1.52のエポキシ樹脂からなるクラッド16と、1.535の屈折率のコアの幅が長手方向に沿って52μmから60

いる。

【0040】

【発明の実施の形態】本発明にもとづく口径変換用高分子光導波路パターン形成方法の実施例を以下詳細に説明する。もちろん、本発明はこれら実施形態例に限定されるものではなく、本発明の思想およびその範囲内において種々の変形例や他の実施形態例が可能であることは当業者ならば容易に理解できよう。

【0041】＜実施例1＞口径変換用高分子光導波路パターンを以下のようにして形成した。

【0042】まずはじめに、以下に示した構造式(6)を有する液状のエポキシオリゴマーと光重合開始剤2重量%を調整した溶液10を準備した。

【0043】

【化23】

μmまで連続的に変化したコア17とを有するマルチモードチャンネル光導波路18が得られた(図1(e)および(f)参照)。

【0048】このマルチモードチャンネル光導波路18をダイシングソーによって一辺が5cmの長さとなるように切り出し、さらに径50μmと径62.5μmのGIファイバを用いて挿入損失を測定したところ、波長0.85μmで1dB以下、1.3μmで1.5dB以下、波長1.55μmで3.0dB以下であった。その時のファイバとの結合損失は0.1dB以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長1.3μmでも波長1.55μmでも0.1dB以下であった。さらに、この光導波路の損失は75℃/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。

【0049】＜実施例2＞図2は、本実施例による光導波路パターンの形成方法の各工程を説明するためのものである。

【0050】まず、図2(a)に示すように、基板22b上に厚さが100μmで、かつ液貯め21が形成されたエポキシ樹脂22aからなるプラットフォーム22aを設けた。このエポキシ樹脂の屈折率は波長0.85μmで1.52であった。また、液貯め21は、寸法が幅50mm×長さ50mmであり、またその深さは一端から他端に向けて連続的に変化するものとした(すなわち、一端側を52μmとし、他端側を60μmとする)。また、この深さの勾配が形成される方向に沿って、上記液貯め21の両側に位置するプラットフォーム22a上にV字状または矩形状の溝部22cを形成し、該溝部22cにGI光ファイバ(径62.5μm)23およびGI光ファイバ(径50μm)24をそれぞれ配置する。光ファイバ23と光ファイバ24とは液貯め21を挟んで互いに対向する。

【 0 0 5 1 】 つぎに、液貯め 1 1 に実施例 1 で調製したものと同一組成の溶液 1 0 を注入した（図 2（a）参照）。

【 0 0 5 2 】 溶液 1 0 の注入後、図 2（b）に示すように、リッジに対応するパターンからなる複数の光導波路パターン 2 5 a を有するマスク 2 5 を介して紫外線（U V 光） 2 6 をプラットフォーム 2 2 上に照射した（図 2（c））。この際マスク 2 5 に形成された各光導波路パターン 2 5 a の幅は長手方向に沿った一端部が $52\mu\text{m}$ であり、他端部が $60\mu\text{m}$ となっている。したがって、各光導波路パターン 2 5 a の幅は、深さの変化とともに長手方向に沿って連続的に変化している。上記 U V 光 2 6 の照射量は、光導波路パターン 2 5 a に対して均一に $2000\text{mJ}/\text{cm}^2$ とした。

【 0 0 5 3 】 U V 光の照射後、試料をイソプロパノール溶液を用いて現像した。その結果、マスク 2 5 の光導波路パターン 2 5 a に従い、光照射部のみ液状のエポキシオリゴマーが硬化し、図 2（d）に示すような形状のリッジ・パターン 2 7 が作製できた。硬化後の屈折率は波長 $0.85\mu\text{m}$ で 1.535 であった。その後、このリッジ・パターンに光硬化時の屈折率が波長 $0.85\mu\text{m}$ で 1.52 になるように調整されたエポキシ樹脂をさらに塗布して硬化させ、光導波路を作製した（図 2（e）参照）。

【 0 0 5 4 】 このような操作によって、屈折率 1.52 のエポキシ樹脂からなるクラッド 2 8 と、1.535 の屈折率のコア径が長手方向に沿って $52\mu\text{m}$ から $60\mu\text{m}$ まで連続的に変化したコア 2 7 とを有するマルチモードチャンネル光導波路 2 9 が得られた。

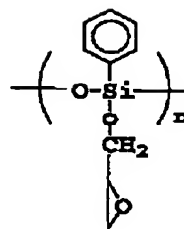
【 0 0 5 5 】 このマルチモードチャンネル光導波路をダイシングソーによって一辺が 5 cm の長さとなるように切り出し、さらに径 $50\mu\text{m}$ と径 $62.5\mu\text{m}$ の G I ファイバを用いて挿入損失を測定したところ、波長 $0.85\mu\text{m}$ で 1 dB 以下、 $1.3\mu\text{m}$ で 1.5 dB 以下、波長 $1.55\mu\text{m}$ で 3.0 dB 以下であった。その時の光ファイバとの結合損失は 0.1 dB 以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長 $1.3\mu\text{m}$ でも波長 $1.55\mu\text{m}$ でも 0.1 dB 以下であった。さらに、この光導波路の損失は $75^\circ\text{C}/90\% \text{RH}$ の条件下においても 1 箇月以上変動しなかった。

【 0 0 5 6 】 < 実施例 3 > 光導波路を形成するのに用いられる樹脂の組成を変えた以外は、実施例 2 と同様の方法でもって光導波路パターンの形成を行った。

【 0 0 5 7 】 この実施例では、以下の構造式（7）で表される液状シリコーンエポキシオリゴマーと光重合開始剤 2 重量を調整した溶液を用い、マルチモード用のチャンネル導波路を作製した。

【 0 0 5 8 】

【 化 2 4 】



(7)

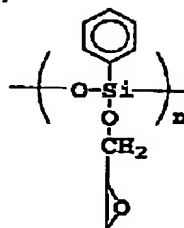
【 0 0 5 9 】 この光導波路をダイシングソーによって 5 cm の長さに切り出し、径 $50\mu\text{m}$ と径 $62.5\mu\text{m}$ の G I ファイバを用いて挿入損失を測定したところ、 $1.3\mu\text{m}$ で 1.0 dB 以下、波長 $1.55\mu\text{m}$ で 1.5 dB 以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長 $1.3\mu\text{m}$ でも波長 $1.55\mu\text{m}$ でも 0.1 dB 以下であった。その時のファイバとの結合損失は 0.1 dB 以下であった。さらに、この光導波路の損失は $75^\circ\text{C}/90\% \text{RH}$ の条件下においても 1 箇月以上変動しなかった。

【 0 0 6 0 】 < 実施例 4 > 光導波路を形成するのに用いられる樹脂の組成を変えた以外は、実施例 2 と同様の方法でもって光導波路パターンの形成を行った。

【 0 0 6 1 】 この実施例では、以下の構造式（8）で表される液状シリコーンエポキシオリゴマーと光重合開始剤 2 重量を調整した溶液を用い、マルチモード用のチャンネル導波路を作製した。

【 0 0 6 2 】

【 化 2 5 】



(8)

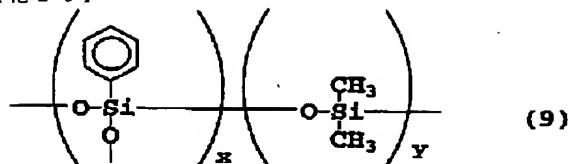
【 0 0 6 3 】 この光導波路をダイシングソーによって 5 cm の長さに切り出し、径 $50\mu\text{m}$ と径 $62.5\mu\text{m}$ の G I ファイバを用いて挿入損失を測定したところ、 $1.3\mu\text{m}$ で 1.0 dB 以下、波長 $1.55\mu\text{m}$ で 1.5 dB 以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長 $1.3\mu\text{m}$ でも波長 $1.55\mu\text{m}$ でも 0.1 dB 以下であった。その時のファイバとの結合損失は 0.1 dB 以下であった。さらに、この光導波路の損失は $75^\circ\text{C}/90\% \text{RH}$ の条件下においても 1 箇月以上変動しなかった。

【 0 0 6 4 】 < 実施例 5 > 光導波路を形成するのに用いられる樹脂の組成を変えた以外は、実施例 2 と同様の方法でもって光導波路パターンの形成を行った。

【 0 0 6 5 】 下記構造式（9）で表される液状シリコーンオリゴマーと光重合開始剤 2 重量を調整した溶液を用い、マルチモード用のチャンネル導波路を作製した。

【 0 0 6 6 】

【化 2 6】



【0067】 (式中X:Y=7:5)

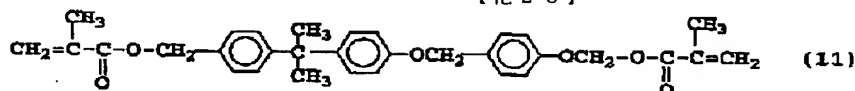
この光導波路をダイシングソーによって5cmの長さに切り出し、径50 μm と径62.5 μm のG Iファイバを用いて挿入損失を測定したところ、1.3 μm で0.1dB以下、波長1.55 μm で1.5dB以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長1.3 μm でも波長1.55 μm でも0.1dB以下であった。その時のファイバとの結合損失は0.1dB以下であった。さらに、この光導波路の損失は75℃/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。

【0068】<実施例6>光導波路を形成するのに用いられる樹脂の組成を変えた以外は、実施例2と同様の方法でもって光導波路パターンの形成を行った。

【0069】すなわち、下記構造式(10)で表される液状シリコンビニルエーテルオリゴマーと光重合開始剤2重量を調整した溶液を用いた。

【0070】

【化 2 7】

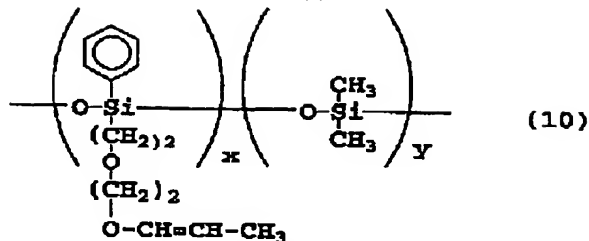


【0075】作製したマルチモード用光導波路をダイシングソーによって5cmの長さに切り出し、径50 μm と径62.5 μm のG Iファイバを用いて挿入損失を測定したところ、1.3 μm で1.0dB以下、波長1.55 μm で1.5dB以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長1.3 μm でも波長1.55 μm でも0.1dB以下であった。その時のファイバとの結合損失は0.1dB以下であった。さらに、この光導波路の損失は75℃/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。

【0076】<実施例8>実施例2で用いた液状のシリコンエポキシオリゴマーと光重合開始剤2重量%とから調製された溶液を用い、図2に示す工程に沿ってマルチチャンネル光導波路を作製して送受信デバイスをインターコネクトした。

【0077】まず、図2(a)に示すように、基板22b上に厚さが100 μm で、かつ液貯め21が形成されたエポキシ樹脂22aからなるプラットホーム22を設けた。このエポキシ樹脂の屈折率は波長0.85 μm で1.52であった。また、液貯め21は、寸法が幅50mm×長さ50mmであり、またその深さは一端から他端に向けて連続的に変化するものとした(すなわち、一

14



【0071】得られた光導波路をダイシングソーによって5cmの長さに切り出し、径50 μm と径62.5 μm のG Iファイバを用いて挿入損失を測定したところ、1.3 μm で1.0dB以下、波長1.55 μm で1.5dB以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長1.3 μm でも波長1.55 μm でも0.1dB以下であった。その時のファイバとの結合損失は0.1dB以下であった。さらに、この光導波路の損失は75℃/90%RHの条件下においても1箇月以上変動しなかった。

【0072】<実施例7>光導波路を形成するのに用いられる樹脂の組成を変えた以外は、実施例2と同様の方法でもって光導波路パターン形成を行った。

【0073】この実施例では、以下に示した構造式(1)を有する液状のアクリルオリゴマーと光重合開始剤2重量を調整した溶液を準備した。

【0074】

【化 2 8】

端側を48 μm とし、他端側を4 μm とする)。また、この深さの勾配が形成される方向に沿って、上記液貯め21の両側に位置するプラットホーム22a上にV字状または矩形状の溝部22cを形成し、該溝部22cにレーザ光源(発振波長0.85 μm)23および受光器24を液貯め21を挟んで互いに対向するようにして配置する。ここで、レーザ光源23の発光面積は2×5 μm m、受光器24の受光面は50 μm 径である。

【0078】つぎに、液貯め11に実施例1で調製したものと同一組成の溶液10を注入した(図2(a)参照)。

【0079】溶液10の注入後、図2(b)に示すように、リッジに対応するパターンからなる複数の光導波路パターン25aを有するマスク25を介して紫外線(UV光)26をプラットホーム22上に照射した(図2(c))。この際マスク25に形成された各光導波路パターン25aの幅は長手方向に沿った一端部が48 μm であり、他端部が4 μm となっている。したがって、各光導波路パターン25aの幅は、深さの変化とともに長手方向に沿って連続的に変化している。上記UV光26の照射量は、光導波路パターン25aに対して均一に2000mJ/cm²とした。

【 0 0 8 0 】 UV 光の照射後、試料をイソプロパノール溶液を用いて現像した。その結果、マスク 2 5 の光導波路パターン 2 5 a に従い、光照射部のみ液状のエポキシオリゴマーが硬化し、図 2 (d) に示すような形状のリッジ・パターン 2 7 が作製できた。硬化後の屈折率は波長 0 . 8 5 μ m で 1 . 5 2 であった。その後、このリッジ・パターンに光硬化時の屈折率が波長 0 . 8 5 μ m で 1 . 5 2 になるように調整されたエポキシ樹脂をさらに塗布して硬化させ、マルチモードチャンネル光導波路 2 9 を作製した (図 2 (e) 参照) 。

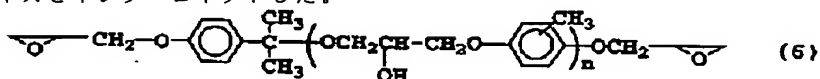
【 0 0 8 1 】 このような操作によって、屈折率 1 . 5 2 のエポキシ樹脂からなるクラッド 2 8 と、1 . 5 3 5 の屈折率のコア径が長手方向に沿って 4 8 μ m から 2 μ m まで連続的に変化したコア 2 7 とを有するマルチモードチャンネル光導波路 2 9 を持つ光導波路素子 2 0 0 が得られた (図 2 (f) 参照) 。

【 0 0 8 2 】 このマルチモードチャンネル光導波路素子 2 0 0 で光送受信デバイスをインターコネクトして光を導入したところ、送信側の結合損失が 0 . 3 d B 、受信側の結合損失が 0 . 1 d B 程度であった。

【 0 0 8 3 】 < 実施例 9 > 実施例 3 で用いた液状のシリコーンエポキシオリゴマーと光重合開始剤 2 重量 % とから調製された溶液を用いた以外は実施例 8 と同様にして、図 2 に示す工程に沿ってマルチチャンネル光導波路を作製して送受信デバイスをインターコネクトした。

【 0 0 8 4 】 このようにして得られたマルチチャンネル光導波路を用いて光送受信デバイスをインターコネクトした導波路素子 2 0 0 が作製できた (図 2 (e)) 。この光導波路に 2 2 より光を導入したところ、結合損失 0 . 3 d B 、受信側の結合損失が 0 . 1 d B 程度であつた。

【 0 0 8 5 】 < 実施例 1 0 > 実施例 4 で用いた液状のシリコーンエポキシオリゴマーと光重合開始剤 2 重量 % とから調製された溶液を用いた以外は実施例 8 と同様にして、図 2 に示す工程に沿ってマルチチャンネル光導波路を作製して送受信デバイスをインターコネクトした。



【 0 0 9 4 】 つぎに、図 3 (a) に示すように、深さ 2 0 0 μ m - 3 0 0 μ m \times 幅 5 0 m m \times 長さ 5 0 m m の液貯め 3 1 を有する厚さ 5 0 0 μ m のエポキシ樹脂 3 2 a が基板 3 2 b 上に形成されたプラットフォーム 3 2 を用意した。また、深さの勾配が形成される方向に沿って、液貯め 3 1 の両側に V 字状または矩形状の溝部 2 2 c を形成し、該溝部 3 2 c にポリマクラッド・ファイバ 3 9 および LED 3 0 1 をそれぞれ配置する。このエポキシ樹脂 1 2 a の屈折率は波長 0 . 8 5 μ m で 1 . 5 2 であった。つづいて、プラットフォーム 3 2 の液貯め 3 1 に上記溶液 3 0 を注入した。

【 0 0 8 6 】 このようにして得られたマルチチャンネル光導波路を用いて光送受信デバイスをインターコネクトした光導波路素子 2 0 0 が作製できた (図 2 (f)) 。この光導波路に 2 2 より光を導入したところ、結合損失 0 . 3 d B 、受信側の結合損失が 0 . 1 d B 程度であった。

【 0 0 8 7 】 < 実施例 1 1 > 実施例 5 で用いた液状のシリコーンエポキシオリゴマーと光重合開始剤 2 重量 % とから調製された溶液を用いた以外は実施例 8 と同様にして、図 2 に示す工程に沿ってマルチチャンネル光導波路を作製して送受信デバイスをインターコネクトした。

【 0 0 8 8 】 このようにして得られたマルチチャンネル光導波路を用いて光送受信デバイスをインターコネクトした光導波路素子 2 0 0 が作製できた (図 2 (f)) 。この光導波路に 2 2 より光を導入したところ、結合損失 0 . 3 d B 、受信側の結合損失が 0 . 1 d B 程度であった。

【 0 0 8 9 】 < 実施例 1 2 > 実施例 6 で用いた液状のシリコーンエポキシオリゴマーと光重合開始剤 2 重量 % とから調製された溶液を用いた以外は実施例 8 と同様にして、図 2 に示す工程に沿ってマルチチャンネル光導波路を作製して送受信デバイスをインターコネクトした。

【 0 0 9 0 】 このようにして得られたマルチチャンネル光導波路を用いて光送受信デバイスをインターコネクトした光導波路素子 2 0 0 が作製できた (図 2 (f)) 。この光導波路に 2 2 より光を導入したところ、結合損失 0 . 3 d B 、受信側の結合損失が 0 . 1 d B 程度であった。

【 0 0 9 1 】 < 実施例 1 3 > 口径変換用高分子光導波路パターンを以下のようにして形成した。

【 0 0 9 2 】 まずはじめに、実施例 1 と同様の構造式 (6) を有する液状のエポキシオリゴマーと光重合開始剤 2 重量 % を調整した溶液 3 0 を準備した。

【 0 0 9 3 】

【 化 2 9 】

【 0 0 9 5 】 溶液 1 0 の注入後、図 3 (b) に示すように、リッジに対応するパターンからなる複数の光導波路パターン 3 3 a を有するマスク 3 3 を介して紫外線 (UV 光) 3 4 をプラットフォーム 3 2 上に照射した (図 3 (c)) 。この際マスク 3 3 に形成された各光導波路パターン 3 3 a の幅は長手方向に沿った一端部が 2 0 0 μ m であり、他端部が 3 0 0 μ m となっている。したがって、各光導波路パターン 3 3 a の幅は長手方向に沿って連続的に変化している。上記 UV 光 3 4 の照射量も各光導波路パターン 3 3 a の幅の変化に応じて、上記一端部に対する 1 7 0 0 m J / c m² から上記他端部に対する

2 0 0 0 m J / c m² まで連続的に変化させた。

【 0 0 9 6 】 U V 光の照射後、試料をイソプロパノール溶液を用いて現像した。その結果、マスク 3 3 の光導波路パターン 3 3 a に従い、光照射部のみ液状のエポキシオリゴマーが硬化し、図 3 (d) に示すような形状のリッジ・パターン 3 5 が作製できた。硬化後の屈折率は波長 0 . 8 5 μ m で 1 . 5 4 であった。その後、このリッジ・パターンに光硬化時の屈折率が波長 0 . 8 5 μ m で 1 . 5 1 になるように調整されたエポキシ樹脂をさらに塗布して硬化させ、光導波路を作製した。

【 0 0 9 7 】 このような操作によって、屈折率 1 . 5 1 のエポキシ樹脂からなるクラッド 3 6 と、1 . 5 4 の屈折率のコアの幅が長手方向に沿って 2 0 0 μ m から 3 0 0 μ m まで連続的に変化したコア 3 7 とを有するマルチモードチャンネル光導波路 3 8 が得られた (図 3 (e) 参照) 。

【 0 0 9 8 】 このマルチモードチャンネル光導波路 3 8 をダイシングソーによって一辺が 5 c m の長さとなるように切り出し、さらに内径 2 0 0 μ m で、かつ外径 2 3 0 μ m のポリマグラッド・ファイバ 3 9 を用いて挿入損失を測定したところ、波長 0 . 8 5 μ m で 1 d B 以下、0 . 6 3 3 μ m で 1 d B 以下、波長 1 . 3 μ m で 3 . 0 d B 以下であった。その時のファイバとの結合損失は 0 . 1 d B 以下であった。また、挿入損失の偏波依存性は波長 1 . 3 μ m でも波長 1 . 5 5 μ m でも 0 . 1 d B 以下であった。さらに、この光導波路の損失は 7 5 ° C / 9 0 % R H の条件下においても 1 箇月以上変動しなかった。さらに、図 3 (f) に示すように、このマルチモードチャンネル光導波路 3 8 の参照符号 3 0 0 で示すコア径 3 0 0 μ m 側に L E D (発光面積 2 5 0 μ m 、発振波長 0 . 6 6 μ m) 3 0 1 を装着し、光結合を行った。その結果、L E D および光導波路の結合損失は 1 d B 程度の良好な値であった。

【 0 0 9 9 】 以上の実施例 1 ~ 1 3 にもとづく口径変換用高分子光導波路パターン形成方法によれば、該実施例 1 ~ 1 3 に用いられる上記感光性材料は簡易なパターン形成能を持ち、また耐熱性および耐湿性に優れ、複屈折が小さいので、光部品との接続を容易に行うことを可能とする。

【 0 1 0 0 】

【 発明の効果 】 以上説明したように、本発明にもとづく口径変換用高分子光導波路パターン形成方法によれば、光通信、光情報処理システムにおいて部品間の接続を簡便とする口径変換用高分子光導波路部品を量産、低価値することが容易となる。さらに、本発明を用いれば、接続の際重要となる光ビームの口径変換が実現可能となるため、一般光学や微小光学分野、光通信や光情報処理の

分野で用いられる種々の光導波路、光集積回路または光配線板等に口径変換機能を容易に組み込むことが可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 本発明にもとづく口径変換用高分子光導波路パターン形成方法を説明するためのもので、(a) ないし (f) は各工程を示す模式図である。

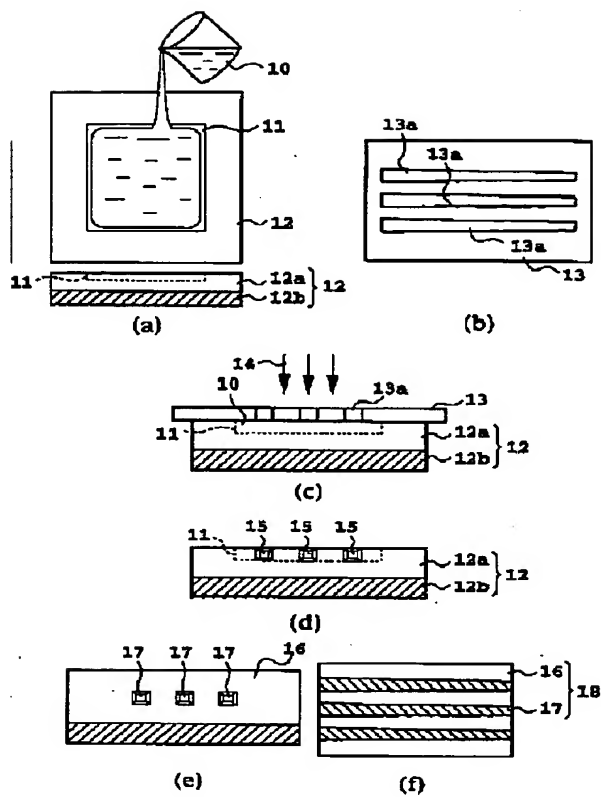
【 図 2 】 本発明にもとづく口径変換用高分子光導波路パターン形成方法を説明するためのもので、(a) ないし (f) は各工程を示す模式図である。

【 図 3 】 本発明にもとづく口径変換用高分子光導波路パターン形成方法を説明するためのもので、(a) ないし (f) は各工程を示す模式図である。

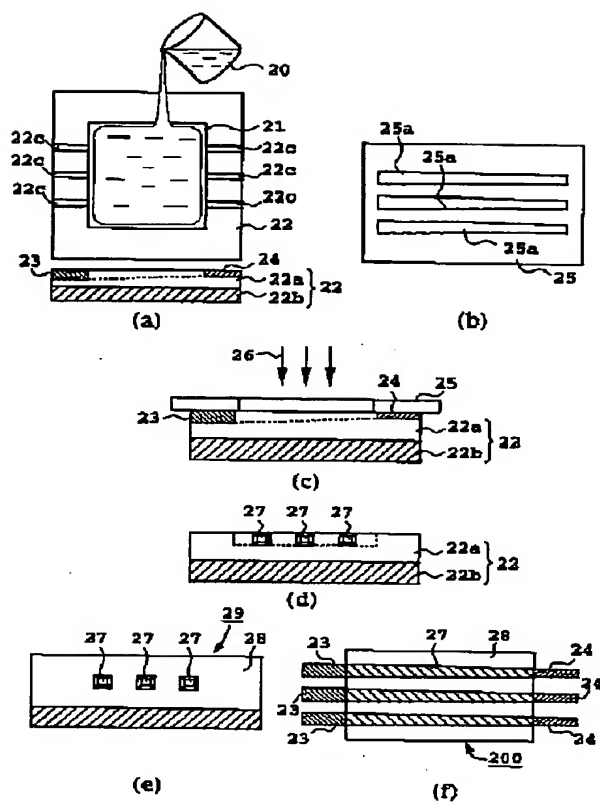
【 符号の説明 】

- 1 0 溶液
- 1 1 液貯め
- 1 2 プラットフォーム
- 1 3 マスク
- 1 4 U V 光
- 2 0 1 5 リッジ・パターン
- 1 6 クラッド
- 1 7 コア
- 1 8 マルチモード用チャンネル光導波路
- 2 0 溶液
- 2 1 液貯め
- 2 2 溝
- 2 3 光ファイバ (または半導体レーザ光源)
- 2 4 光ファイバ (または受光器)
- 2 5 マスク
- 3 0 2 6 U V 光
- 2 7 リッジ・パターン
- 2 8 クラッド
- 2 9 マルチモードチャンネル光導波路
- 3 0 溶液
- 3 1 液貯め
- 3 2 プラットフォーム
- 3 3 マスク
- 3 4 U V 光
- 3 5 リッジ・パターン
- 4 0 3 6 クラッド
- 3 7 コア
- 3 8 マルチモードチャンネル光導波路
- 3 9 ポリマクラッド・ファイバ
- 2 0 0 光導波路素子
- 3 0 0 コア径 3 0 0 μ m 側
- 3 0 1 L E D

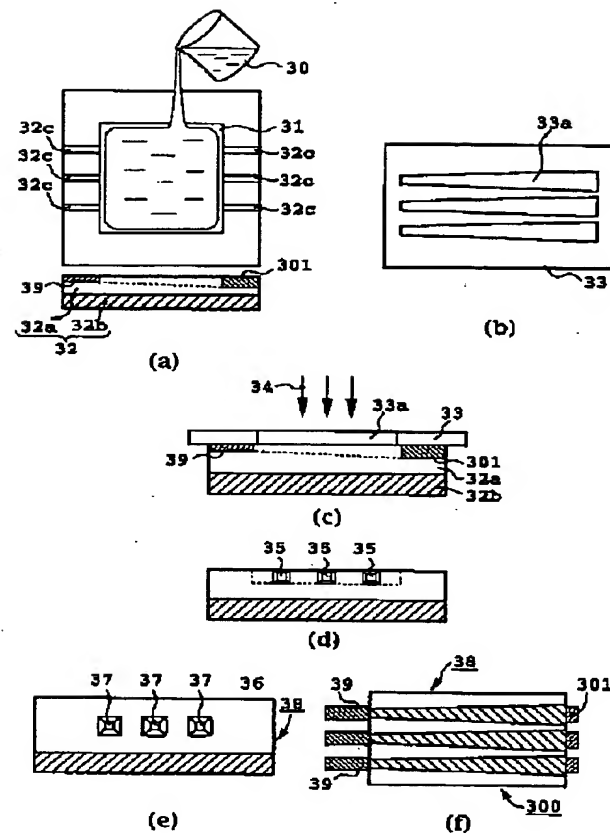
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



フロントページの続き

(72)発明者 疋田 真
 東京都新宿区西新宿三丁目 19 番 2 号 日
 本電信電話株式会社内